

Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції – основні засади її конкурентноздатності; Матеріали У Міжнародної спеціалізованої науково-практичної конференції. 14 вересня 2016 р., м. Київ. – К. НУХТ, 2016. – с. 40-44.

**УДК 697.329**

**Бухкало С.І.**, к.т.н.,

**Денисова А.Є.\***, д.т.н.,

**Ольховська О.І.**, ст. викладач

**Боднар І.О.\***, аспірант

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» (НТУ «ХПІ»), м. Харків, Україна*

*\*Одеський національний політехнічний університет (ОНПУ), м. Одеса, Україна*

## **ДЕЯКІ МОЖЛИВОСТІ ІНТЕГРАЦІЇ ДЛЯ ТЕПЛООБМІННОЇ СИСТЕМИ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ**

**Вступ.** В останні роки стану та проблемам альтернативним генераторам енергії – інтеграції теплообмінних систем у харчовій промисловості приділяється все більше уваги, наприклад, використання різноманітних теплонасосних енергозберігаючих технологій та установок як основи. Використання теплових насосів дозволяє найбільш раціонально забезпечувати зростаючі потреби в теплоті або холоді за рахунок різних джерел теплоти та електроенергії.

**Актуальність.** Україна відстає в цій області енергетики від більшості розвинутих країн світу, що негативно впливає на її енергонезалежність, а також на вартість продукції харчової промисловості. Отже, створення індивідуальних та промислових систем теплопостачання, які працюють від вторинних паливно-енергетичних, теплових та альтернативних ресурсів даної місцевості, є важливою задачею промислової енергетики нашої держави.

**Основна частина.** Теплова енергія у харчовій технології використовується, в основному, для проведення технологічних операцій: нагрівання, пастеризація, стерилізація, плавлення, сушіння, випаровування, ректифікації і ін., а електрична енергія – для приводу машин та апаратів, транспортувальних пристроїв різноманітної конструкції і навіть іноді для перетворення на теплову [1]. Розробка процесів з низьким енергоспоживанням – основна актуальна вимога, практично всіх галузей промисловості, основним напрямком для реалізації цього принципу є підвищення ефективності виробництва за рахунок використання внутрішніх ресурсів самої технологічної системи. Це, насамперед, стосується використання вторинних ресурсів (тепло газових і рідинних потоків), рівня регенерації тепла охолоджуваних продуктів і впровадження сучасних технологічних систем. Як відомо, основними джерелами вторинних ресурсів високого енергетичного потенціалу в хімічній і харчовій промисловості, є: фізичне тепло контактних і газів, що йдуть, технологічних печей; енергетичний потенціал продуктових потоків; тепло парового конденсату й ін. [2].

Ефективність утилізації вторинних паливно-енергетичних ресурсів залежить від їхнього енергетичного потенціалу, кількості, можливості використання отриманої енергії й вибору встаткування для утилізації: теплообмінники сучасних конструкцій, котли-утилізатори, повітропідігрівники різних конструкцій і розмірів, газові холодильники, кип'ятильники й ін.

Слід зазначити, що використовують і вторинні ресурси низького енергетичного потенціалу. Ефективними методами утилізації вторинних паливно-енергетичних ресурсів є й виробництво холоду в абсорбційних холодильних машинах, у яких як теплоносії може застосовуватися вторинна пара, перегрітий конденсат, гаряча вода, горючі гази, а для зниження втрат тепла широко використовують методи заміни пари, що гріє, гарячою водою.

Аналіз енергетичної ефективності альтернативних систем теплопостачання на базі теплонасосних установок базується на термодинамічному аналізі процесів в елементах трансформаторної установки [3]. Фізичний зміст термодинамічних процесів в трансформаторах теплоти міститься в тому, що витративши  $q_1$  теплоти при температурі  $T_1$  можна одержати  $q_2$  теплоти при температурі  $T_2$ , з такою ж роботоздатністю. При цьому, якщо  $T_2 < T_1$ , то  $q_2 >$

$q_1$ , і навпаки. Отже,  $q_1 \cdot \psi = q_2$ , де  $\psi$  – коефіцієнт пропорційності, що називається теоретичним коефіцієнтом перетворення теплоти від температури  $T_1$  до температури  $T_2$ . Пристрій, в якому відбувається прямий та зворотній цикли перетворення теплоти від джерела з однією температурою до джерела з іншою температурою, називається термотрансформатором. В схемі понижуючого термотрансформатора (рис. 1) робота двигуна 1 витрачається на привод холодильної машини 2, для якої тепловіддача відбувається від навколишнього середовища, а теплоприймачем є джерело з температурою  $T_2$ . Використовуючи роботу  $l$ , холодильна машина відбирає від навколишнього середовища теплоту  $q_0$  і віддає джерелу з температурою  $T_2$  теплоту  $q_2$ .

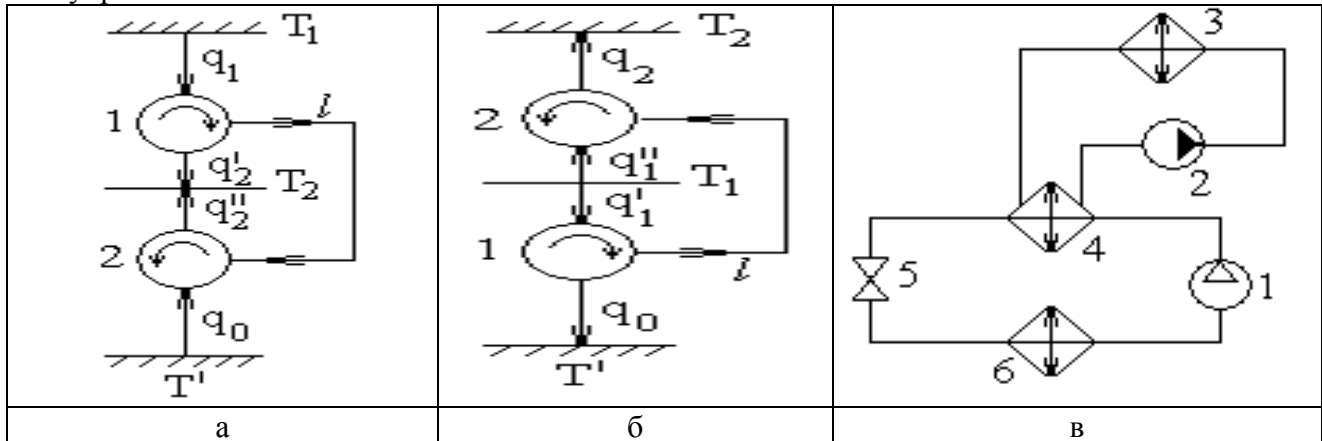


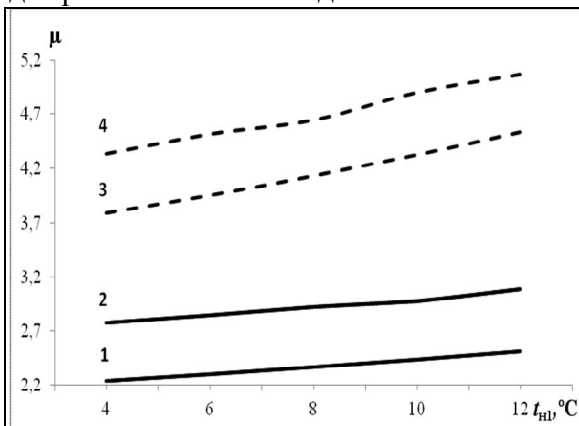
Рисунок 1 – Схема понижуючого термотрансформатора (а), теплового насосу (б) та компресійного теплового насосу (в).

Машина, в якій відбувається зворотній цикл і яка поглинає теплоту з навколишнього середовища для того, щоб передати її тілу з більш високою температурою, називається тепловим насосом. Коефіцієнт перетворення підвищуючого термотрансформатора  $\phi = q_2/l$ , що є показником ефективності дії ТН, має такий же фізичний зміст, що й коефіцієнт перетворення теплоти  $\psi$  понижуючого термотрансформатора. Принципова схема компресійного ТН (рис. 1в), де в випарнику 6 холодильний агент випарюється за рахунок теплоти, що підводиться з навколишнього середовища, а далі поступає в компресор 1. При випаренні холодильний агент відбирає теплоту  $q_2$ . Після стиску в компресорі холодильний агент подається в змійовик конденсатора 4. Змійовик омивається водою, що циркулює в системі опалення приміщення. Теплоприймачу 3 віддається крім теплоти  $q_2$  (по суті дарової), також теплота, що еквівалентна витраченій роботі компресора  $l$ . Далі конденсат крізь дросельний клапан 5 поступає в змійовик випарника 6. Ефективність ТН зростає, якщо температура підведення тепла до випарника більша ніж температура навколишнього середовища. Ефективність теплового насосу дорівнює відношенню кількості теплоти  $q_1 = q_2 + l$ , що підводиться до нагріваемого об'єкту, до витраченої роботи  $l$ :  $\psi = q_1/l = (q_2 + l)/l = \epsilon_x + 1$ , де  $\epsilon_x = q_2/l$  – холодильний коефіцієнт.

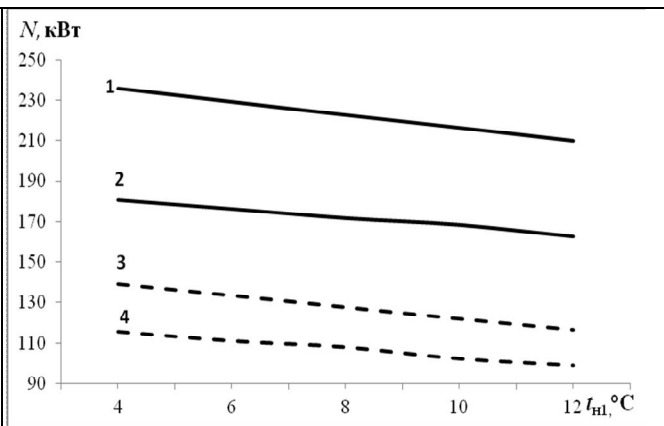
Принцип роботи сорбційних теплових насосів базується на послідовності термохімічних процесів сорбції (поглинання) робочого агента (віддача теплоти) сорбентом, а потім десорбції (виділення) робочого агента (поглинання теплоти) з сорбенту. Сорбційні установки підрозділяються на абсорбційні (об'ємне поглинання) та адсорбційні (поверхневе поглинання). Принцип роботи термоелектричних теплових насосів базується на ефекті Пельтьє, пов'язаним з виділенням та поглинанням теплоти в спаях матеріалів при проходженні крізь них електричного струму.

Аналіз залежностей (рис. 2: 1 – одноступенева ТНУ з радіаторами; 2 – двоступенева ТНУ з радіаторами; 3 – одноступенева ТНУ з підлоговим опаленням; 4 – двоступенева ТНУ з підлоговим опаленням) для систем теплопостачання на основі застосування теплонасосних установок (ТНУ) для м. Одеси показує, що найбільш ефективною з розглянутих схем є двоступенева ТНУ за рахунок меншого споживання електричної енергії приводом компресорів N (рис. 3: 1 – одноступенева ТНУ з радіаторами; 2 – двоступенева ТНУ з радіаторами; 3 – одноступенева ТНУ з підлоговим опаленням; 4 – двоступенева ТНУ з підлоговим опаленням).

Для підвищення ефективності даних систем необхідно прагнути до зменшення різниці температур між низькотемпературним джерелом тепла і теплоносієм, що подається під внутрішньобудинкову систему опалення [4]. А для зменшення глибини буріння свердловин, а отже і для економії електричної енергії на відкачування ґрунтових вод, необхідно прагнути до збільшення площі поверхні випарника для максимального охолодження низькотемпературного джерела тепла на виході з нього.



**Рисунок 2 – Залежність коефіцієнту перетворення теплоти  $\mu$  від температури ґрунтової води на вході в випарник  $t_{гв}$ .**



**Рисунок 3 – Залежність споживання електричної енергії  $N$  від температури ґрунтової води на вході в випарник  $t_{гв}$ .**

Відновлювана енергетика включає в себе багато галузей, серед яких для харчової промисловості України, в першу чергу це теплові джерела сонячного походження:

- 1) енергія сонячного випромінювання, що може використовуватися напям, або через системи акумулювання для тепло- та холодопостачання;
- 2) тепла природна і техногенна енергія довкілля, що включає в себе теплоту, яка знаходиться в повітрі, ґрунті, поверхневих і ґрунтових водах;
- 3) тепла енергія довкілля у вигляді холоду, що проникає з космосу і акумулюється в повітрі й ґрунті, ґрунтових і поверхневих водах, і може бути використана для холодопостачання взимку і влітку безпосередньо, або шляхом акумулювання.

В Україні, як і у більшості країн світу, в теперішній час велика увага приділяється практичному використанню відновлювальних джерел енергії, в першу чергу сонячної енергії, для гарячого водопостачання та опалення приміщень. Увага до сонячної енергії пов'язана не тільки з тенденцією до збільшення витрат на традиційні джерела енергії та труднощами добування і постачання палива, а також з проблемами спалення, що впливають на екологічну ситуацію і викликають загрозу для людства явище глобального потепління.

Сучасний рівень експлуатації систем сонячного теплопостачання свідчить про те, що ці установки, незважаючи на високі початкові затрати, навіть при використанні акумуляторів та додаткових джерел енергії, економічно себе виправдовують у сприятливих за кліматичними умовами регіонах, завдяки економії органічного палива.

Високотемпературні сонячні колектори можуть застосовуватись у харчових технологіях для: пастеризації, що потребує температур від 80 до 90  $^\circ\text{C}$ ; стерилізації (температури 110 – 120  $^\circ\text{C}$ ); для приготування їжі (в залежності від висоти місцевості над рівнем моря і необхідного тиску пари необхідно 95–105  $^\circ\text{C}$ ; сушіння плодовоовочевої сировини та ін.

Необхідність у використанні сонячної енергії для вказаних цілей може виникнути в локальних системах, ізольованих від постачання традиційними енергоносіями, а також з метою економії енергії. Сонячна енергія використовується також і для опріснення води; підігріву води у басейнах; в сонячних енергетичних станціях; а також у системах комбінованого виробництва теплоти і електроенергії.

Інженерні розробки сонячних установок, дослідження і оптимізація їх енергетичних показників мають специфічні особливості, які пов'язані з необхідністю урахування непостійності і розсіяності характеру надходячої сонячної радіації та високими початковими витрат-

ами коштів на їх створення. З урахуванням сказаного, можна зробити висновок, що необхідним є поєднання теоретичних та практичних питань, які необхідні спеціалістам галузі для розуміння процесів перетворення сонячної енергії в теплову в сонячних установках, одержання навиків розрахунку та розробки систем енергопостачання на їх основі, а також систематизації знань у відповідній галузі.

Програма інтеграції відновлювальних джерел енергії для теплообмінної системи харчової промисловості може складатися з таких основних етапів [5]:

1. Класифікація та вивчення основних видів відновлювальних джерел енергії для теплообмінної системи харчової промисловості.
2. Вивчення технологічних аспектів інноваційних об'єктів відновлювальних джерел енергії для теплообмінної системи харчової промисловості.
3. Оцінка можливостей менеджменту в інноваційних проектах відновлювальних джерел енергії для теплообмінної системи харчової промисловості.
4. Вплив вітроенергетики на навколишнє середовище і екологічну обстановку на працюючому об'єкті і в цілому по регіону.
5. Підготовка змін для проектів інтеграції з використанням відновлювальних джерел енергії для теплообмінної системи харчової промисловості.
6. Кінцевим етапом є визначення основних можливостей розробки.

Геліотехнічні можливості регіонів характеризуються не тільки енергетичною освітленістю, але і спроможністю їх до тривалого використання потоку енергії для роботи геліотехнічних апаратів. Ось чому дуже важливою характеристикою є час, на протязі якого сонячне випромінювання залишається достатнім для ефективної роботи геліосистем.

### **Висновки**

1. Аналіз ефективності використання теплонасосних систем енергозабезпечення проводять за показниками, які характеризують систему інтеграції у даному випадку: виробіток електроенергії і прямий електричний обігрів; виробіток електроенергії і відпуск теплоти гострою парою; ТЕЦ; сумісний виробіток електроенергії і теплоти; виробіток електроенергії і тепlopостачання за допомогою ТН; сумісний виробіток електроенергії і тепlopостачання від ТН. При зіставленні різних систем тепlopостачання поряд з термoeкономiчними показниками слід враховувати соціально-економiчні фактори.

2. Можлива розробка системи критеріїв оцінки ефективності використання деяких відновлювальних джерел енергії для теплообмінної системи харчової промисловості, що включає набір фінансових показників, чистий енергетичний виграш і показники, що характеризують енергетичну безпеку; вивчений можливий перелік вихідної інформації, необхідної для проведення оцінки ефективності проектів виробництва електроенергії; дослідження впливу на економiчну ефективність використання відновлювальних джерел енергії для теплообмінних систем харчової промисловості їх технологічні особливості і імовірнісних характеристик.

### **Література**

1. Товажнянский Л.Л., Бухкало С.И., Капустенко П.А., Хавин Г.Л. Основные технологии пищевых производств и энергосбережение. Уч. пособие. – Х.: НТУ «ХП». 2005. – 460 с.
2. Бухкало С.И. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах [текст] / Л.Л. Товажнянський, С.И. Бухкало С.И., П.О. Капустенко та ін., підручник. Київ «Центр учбової літератури»: 2011, – 832 с.
3. Товажнянский Л.Л., Бухкало С.И., Денисова А.Е., Демідов І.М. та ін. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник. Київ «Центр учбової літератури»: 2016, 470 с.
4. Боднар І.А., Денисова А.Е., Бухкало С.И. Использование грунтовых вод для систем теплоснабжения на базе теплонасосных установок. Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2015. – № 44 (1153). – с. 3–10.
5. Бухкало С.И., Ольховська О.І. Основні можливості комплексних проектів енергетичного міксу // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2015. – № 7 (1116). – с. 103–108.